

PENURUNAN KONSENTRASI BOD DAN COD PADA LIMBAH CAIR TAHU DENGAN TEKNOLOGI KOLAM (*POND*) – BIOFILM MENGGUNAKAN MEDIA BIOFILTER JARING IKAN DAN BIOBALL

Shabrina Arika Zahra, Sri Sumiyati, Endro Sutrisno
Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Proft. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang

ABSTRACT

Tofu is a traditional food that is favored almost all levels of society. Tofu industry produces wastewater that can lead to pollute the environment. One of the tofu wastewater treatment is to use pond - biofilm technology with fishing nets and bioball as media biofilter. Some of the pollutants contained in the tofu wastewater are organic substances which were indicated as parameter BOD and COD. The results showed a relation between a detention time with BOD and COD in the tofu wastewater. Longer detention time of wastewater in the reactor, the higher efficiency of BOD and COD concentration. The highest efficiency of BOD and COD concentration in the pond and reactor is at 3 hours detention time, concentrations of BOD and COD in the pond is 12.02% and 31.11%, and concentrations of BOD and COD in the reactor is 19.51% and 41.13%.

Keywords: *Biofilm, Pond, Fish Nets, bioball, BOD, COD*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tahu merupakan makanan tradisional sebagian besar masyarakat di Indonesia, yang digemari hampir seluruh lapisan masyarakat. Selain mengandung gizi yang baik, pembuatan tahu juga relatif murah dan sederhana. Saat ini, sebagian besar industri tahu merupakan industri rumah tangga yang produsennya tidak ingin mengolah limbah cair tahu tersebut. Alasan produsen industri tahu tidak mengolah limbahnya karena biaya pengolahan yang mahal dan kurangnya pengetahuan tentang teknologi pengolahan limbah cair.

Sumber pencemar yang terkandung di dalam limbah tahu adalah air bekas pencucian dan perebusan kedelai. Studi karakteristik awal air buangan industri tahu yang dilakukan oleh Myrasandri dan Syafila (2009), zat

organik yang terdapat pada limbah tahu memiliki kandungan yang melebihi baku mutu. Diantaranya adalah kandungan BOD sebesar 6586 mg/l dan COD sebesar 8640 mg/l. Selain itu pada uji karakteristik awal limbah tahu yang dilakukan oleh Kaswinarni (2007), diperoleh hasil suhu air limbah tahu berkisar 37-45°C, BOD sebesar 6.000-8.000 mg/l, dan COD sebesar 7.500-14.000 mg/l. Bila dibandingkan dengan baku mutu limbah cair industri tahu dan tempe menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah (Perda Jateng) nomor 5 tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu dan Tempe, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk BOD dan COD secara berturut-turut adalah 150 mg/l dan 275 mg/l. Jika limbah cair tahu yang mengandung zat tersebut melebihi baku mutu dibiarkan mengalir ke badan air secara terus menerus maka akan

mengganggu lingkungan yaitu timbulnya bau busuk dan kematian terhadap organisme air.

Salah satu teknologi biofilm yang masih jarang digunakan yaitu teknologi biofilm-*pond*. Salah satu alasan menggunakan teknologi biofilm-*pond* yaitu agar pengolahan ini dapat dimanfaatkan pada pengolahan limbah dalam skala besar, contohnya yaitu pada polder dan diharapkan dari penggabungan dua teknologi tersebut dapat menghasilkan efisiensi yang lebih besar lagi. Media biofilter yang digunakan yaitu jaring ikan dan bioball. Alasan menggunakan media biofilter tersebut karena memiliki celah atau pori agar mikroorganisme dapat tumbuh pada media tersebut, selain itu media jaring ikan dan bioball juga telah memenuhi sebagian besar kriteria media biofilter yang baik untuk digunakan. Uji coba yang telah dilakukan di daerah Jakarta dalam mengolah limbah cair industri tahu dan tempe menggunakan *packing* dari bahan plastik berbentuk sarang tawon dalam kondisi anaerob dan aerob membuktikan adanya penurunan BOD dan COD yang signifikan. Pada kondisi anaerob dicapai penurunan BOD (74,5%) dan COD (75,4%). Efluen hasil olahan proses anaerob masih mengandung bahan organik COD 1250 mg/l, berarti masih jauh di atas baku mutu yang ditetapkan. Dilanjutkan dengan proses aerob dicapai efisiensi penurunan BOD (90%) dan COD (90%). Sehingga diperoleh hasil proses aerob dengan konsentrasi COD sebesar 125 mg/l. Dengan adanya teknologi biofilm-*(pond)* menggunakan media biofilter jaring ikan dan bioball, diharapkan dapat membantu dalam penurunan kandungan BOD dan COD dalam air limbah tahu.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kemampuan kolam (*pond*) - biofilm dengan media biofilter jaring ikan dan bioball terhadap efisiensi penurunan konsentrasi BOD dan COD dalam limbah cair tahu.
2. Menganalisis pengaruh waktu kontak pada reaktor biofilm-*(pond)* terhadap penurunan konsentrasi BOD dan COD.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Proses Biofilter Tercelup (*Submerged Biofilm*) atau Biofilm

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilm dilakukan dengan cara mengalirkan limbah ke dalam reaktor biologis yang telah diisi dengan media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Media biofilter yang digunakan yaitu jaring ikan dan bioball

2.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 jenis yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol.

2.2.1. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi perubahan atau variabel yang mampu dimanipulasi untuk menentukan antara fenomena yang diamati. Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah variasi waktu kontak. Waktu kontak divariasikan yaitu 1 jam, 2 jam, dan 3 jam.

2.2.2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor-faktor yang diamati dan diukur

untuk menentukan adanya pengaruh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini yakni limbah cair tahu dan konsentrasi COD serta BOD

2.2.3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang mampu dikendalikan untuk mengetahui hubungan variabel bebas dengan variabel terikat tidak terpengaruh oleh faktor luar yang tidak diteliti.

- a. Temperatur (suhu)
Suhu air limbah yang optimum untuk pengolahan biofilm sekitar 25-38°C
- b. pH
Bakteri masih dapat hidup dengan pH berkisar 4-9
- c. DO (*Dissolved Oxygen*)
Banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan mg/l. DO dibutuhkan untuk mencegah timbulnya bau yang merugikan.

2.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan dimulai dari tahap persiapan dilanjutkan ke tahap pelaksanaan. Penelitian ini menerapkan proses pembentukan biofilm dengan media biofilter tercelup dan proses anaerobik dari kolam (*Pond*). Air limbah yang digunakan diambil dari industri tahu Kelurahan Jomblang, Kecamatan Candisari, Kota Semarang. Mikroorganisme yang dipakai ditumbuhkan secara alami pada media biofilter tercelup jaring ikan dan bioball.

2.3.1. Tahapan Persiapan

- a. Mencari dan mempelajari literatur, jurnal, buku terkait dengan teknologi kolam (*Pond*)-*biofilm* dengan media biofilter

jaring ikan dan bioball untuk dijadikan pedoman dalam pelaksanaan penelitian.

- b. Perancangan reaktor anaerob menggunakan drum dan kolam dengan diameter 50 cm dan tinggi 100 cm untuk mendapatkan kondisi anaerobik pada reaktor.
- c. Menyiapkan alat dan bahan.

2.3.2. Tahapan Pelaksanaan

1. Tahap pembenihan (*Seeding*). Proses seeding berjalan selama 30 hari dengan mengalirkan limbah secara kontinyu kedalam reaktor yang telah berisi media biofilter berupa jaring ikan dan bioball untuk aklimatisasi.
2. Tahap pengkondisian limbah media atau aklimatisasi menggunakan pengujian zat organik dengan waktu kontak selama 24 jam dan debit 3 L/menit.
3. Tahapan running dengan variasi waktu kontak 1 jam, 2 jam, dan 3 jam dengan parameter uji COD dan BOD.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Limbah Tahu yang Akan Diolah

Pengujian karakteristik awal limbah cair tahu dilaksanakan dengan mengambil sampel limbah cair tahu dari industri tahu rumah tangga di Kelurahan jomblang, Kecamatan Candisari, Semarang. Hasil uji karakteristik awal limbah tahu yang akan diolah dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

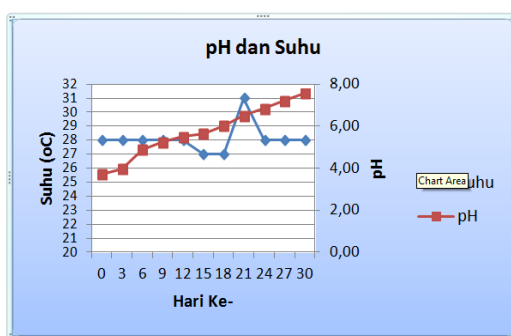
No	Parameter	Hasil Uji ¹⁾	Baku Mutu ²⁾	Keterangan
1.	BOD	331,9	150	Melebihi baku mutu
2.	COD	5190,91	275	Melebihi baku mutu
3.	TSS	1198	100	Melebihi baku mutu
4.	pH	4,9	6-9	Melebihi baku mutu
5.	Suhu	48°C	38°C	Melebihi baku mutu

Tabel 3.1 Karakteristik Limbah Tahu yang Akan Diolah

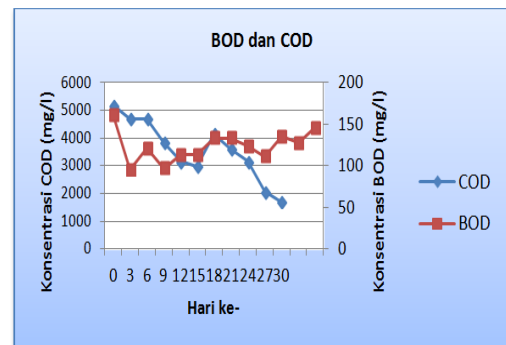
2) Peraturan Daerah Jawa Tengah No.5 Tahun 2012

3.2 Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi dilakukan dengan mengalirkan limbah cair tahu dari kolam ke dalam reaktor biofilm dengan menggunakan pompa. Aklimatisasi dilakukan secara langsung sesuai dengan debitnya. Aklimatisasi dilakukan dengan cara mengalirkan limbah cair tahu dari kolam kemudian dipompa menuju reaktor drum. Proses aklimatisasi ini berlangsung secara kontinyu selama 30 hari dalam waktu 24 jam dengan debit 3 l/menit. Parameter yang diukur selama masa aklimatisasi adalah pH, suhu, BOD, dan COD.



Gambar 3.1 Tahap Aklimatisasi dengan Pengujian Variabel Kontrol pH dan Suhu



Gambar 3.2 Tahap Aklimatisasi dengan Pengujian Konsentrasi BOD dan COD

Variabel kontrol yang diukur selama proses aklimatisasi yaitu pH dan suhu limbah cair tahu. Pada gambar 3.1 saat awal proses aklimatisasi, pH limbah cair tahu berada pada kondisi asam yaitu sebesar 3,7-3,8. Semakin lama waktu tinggal pada proses aklimatisasi, pH limbah cair tahu semakin stabil. Pada hari ke-18 pH limbah cair tahu berada pada nilai 6,03 dan pada akhir proses aklimatisasi, pH berada pada nilai 7,56. Dibandingkan dengan suhu limbah cair tahu, sejak awal proses aklimatisasi sampai dengan hari ke-30, suhu limbah cair tahu berada pada kisaran 27°C-28°C. Menurut *Tchobanoglous et al.* (2003), bakteri dapat hidup dan berkembang biak optimal pada pH 6,5-7,5 dan suhu 25°C-35°C, untuk pH dan suhu aklimatisasi ini sudah sesuai dengan literatur. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Helard (2007), bahwa proses aklimatisasi dianggap selesai jika pH, temperatur atau suhu, dan efisiensi penyisihan COD telah konstan dengan fluktuasi yang tidak lebih dari 10%.

Akhir dari aklimatisasi adalah ketika efisiensi penurunan konsentrasi COD yang cukup tinggi dan *steady state* (Said, 2005). Kondisi *steady state* atau kondisi tunak ditandai dengan efisiensi

penyisihan bahan organik COD relatif konstan dengan toleransi 10%. Waktu tinggal yang digunakan dalam proses aklimatisasi ini yaitu selama 30 hari dengan debit 3 l/menit. Pada hari ke-23 sampai dengan hari ke-30 efisiensi penurunan kandungan COD mengalami kenaikan dan sudah stabil. Akhir proses aklimatisasi, yaitu pada hari ke-30, efisiensi penurunan kandungan COD berada pada nilai 67,13%. Kestabilan proses aklimatisasi ini dilihat dari besarnya efisiensi penyisihan parameter, bukan dari angka yang didapat pada hasil COD, karena penelitian ini menggunakan limbah asli sehingga dapat dipastikan nilai parameter COD yang didapat bervariasi dan tidak dapat dijadikan acuan reaktor dikatakan stabil.

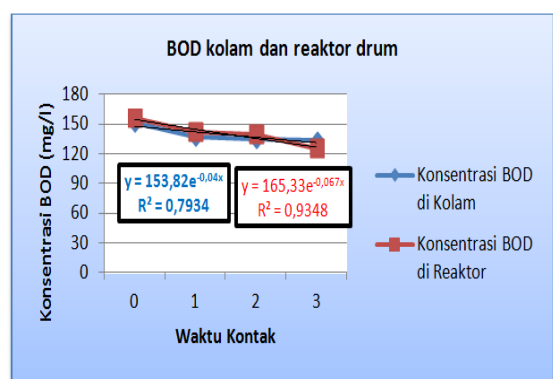
3.3 Running

Setelah tahap aklimatisasi telah mencapai kondisi stabil untuk hasil efisiensi CODnya, kemudian dilakukan penelitian untuk tahap *running* secara kontinyu dengan variasi waktu kontak. Variasi waktu kontak bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh waktu kontak terhadap penurunan BOD dan COD serta mengetahui tingkat penurunan kandungan BOD dan COD dari pengolahan dengan proses kolam (*pond*)-biofilm dengan menggunakan media biofilter jaringan ikan dan bioball. Variasi waktu kontak yang dilakukan dalam penelitian yaitu 1 jam, 2 jam, dan 3 jam dengan menggunakan debit 3 l/menit.

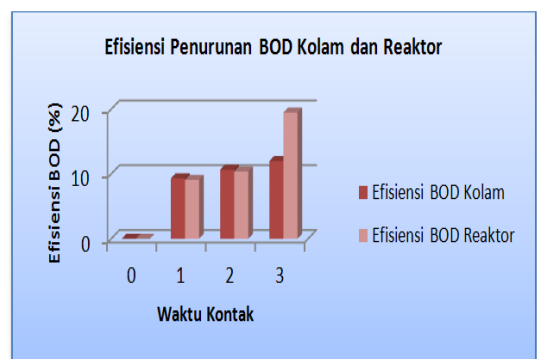
3.3.1. Penurunan Konsentrasi BOD

Pemeriksaan BOD dalam penelitian ini menggunakan BOD₅. Nilai kebutuhan oksigen biokimia dalam waktu 5 hari menyatakan bahwa apabila semakin tinggi akan menunjukkan semakin meningkatnya aktivitas mikroorganisme dalam

menguraikan bahan-bahan organik (Alaerts dan Santika, 1984). Variasi waktu kontak digunakan untuk mengetahui adanya pengaruh waktu kontak dengan penyisihan BOD kemudian dianalisis berdasarkan proses pengolahan yang dilakukan. Pada proses penurunan konsentrasi BOD di kolam dan di reaktor drum, variasi waktu kontak yang digunakan yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam.



Gambar 3.3
Grafik Hasil Uji BOD di Kolam dan di Reaktor



Gambar 3.4
Grafik Efisiensi BOD di Kolam dan di Reaktor

Pada grafik 3.3 hasil uji BOD dari proses running di atas, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi BOD di kolam dari waktu kontak 0 jam sebesar 151,53 mg/l sampai waktu kontak 2 jam sebesar 135,35 mg/l.

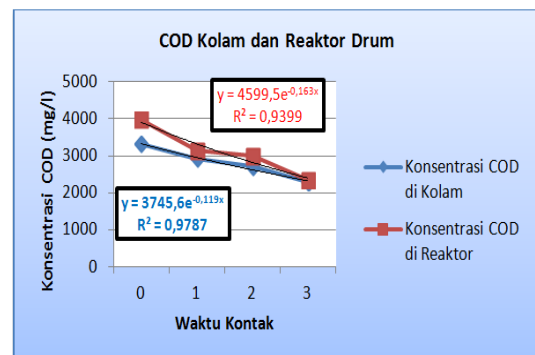
Efisiensi penurunannya sebesar 10,68%. Pada waktu kontak 3 jam terjadi kenaikan konsentrasi BOD sebesar 133,32 mg/l dan efisiensinya mengalami penurunan sebesar 12,02%. Efisiensi terbesar pada penurunan konsentrasi BOD kolam yaitu pada waktu kontak 3 jam sebesar 12,02%.

Berbeda dengan hasil uji BOD di reaktor, pada waktu kontak 0 jam sampai dengan waktu kontak 1 jam terjadi penurunan konsentrasi BOD dari konsentrasi 155,58 mg/l menjadi 141,42 mg/l. Efisiensi penurunan sebesar 9,10%. Pada waktu kontak 2 jam, konsentrasi BOD mengalami penurunan kembali menjadi 139,39 mg/l dan efisiensinya mengalami peningkatan menjadi 10,40%. Pada waktu kontak 3 jam konsentrasi BOD mengalami penurunan menjadi 125,23 mg/l dan efisiensi mengalami peningkatan menjadi 19,51%. Efisiensi tertinggi berada pada waktu kontak 3 jam sebesar 19,51%.

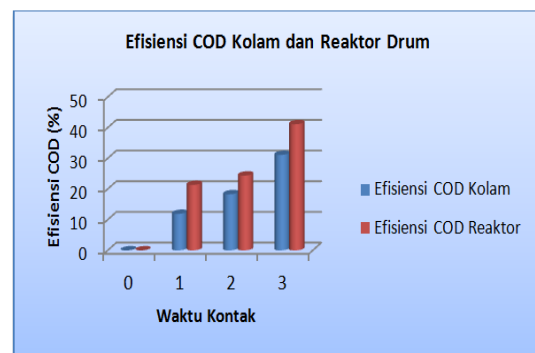
Berdasarkan Gambar 3.4 dapat dijelaskan bahwa semakin lama waktu kontak maka efisiensi penurunan konsentrasi BOD kolam dan BOD reaktor drum akan semakin efektif. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak maka efisiensi penyisihan BOD akan semakin besar. Bertambahnya efisiensi penyisihan BOD disebabkan oleh senyawa BOD yang terdapat dalam air limbah akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan media. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut dalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa (Said, 2005).

3.3.2. Penurunan Konsentrasi COD

Nilai COD mencakup kebutuhan oksigen untuk reaksi biokimiawi, karena senyawa yang dapat dirombak oleh mikroorganisme dapat pula mengalami oksidasi lewat reaksi kimiawi. Pada proses penurunan konsentrasi COD di kolam dan di reaktor drum, variasi waktu kontak yang digunakan yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam.



Gambar 3.5
Grafik Hasil Uji COD di Kolam dan di Reaktor



Gambar 3.6
Grafik Efisiensi COD di Kolam dan di Reaktor

Pada grafik hasil uji COD hasil running di atas, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi COD di kolam dari waktu kontak 0 jam sebesar 3312,12 mg/l menjadi 2918,18 mg/l pada waktu kontak 1 jam. Efisiensi yang dihasilkan sebesar 11,89%. Sama halnya dengan waktu kontak 1 jam,

pada waktu kontak 2 jam dan waktu kontak 3 jam terjadi penurunan konsentrasi COD di kolam, efisiensi yang dihasilkan juga meningkat menjadi 18,30% pada waktu kontak 2 jam dan 31,11% pada waktu kontak 3 jam. Hasil efisiensi terbesar pada uji COD di kolam pada proses *running* terjadi pada waktu kontak 3 jam yaitu sebesar 31,11%.

Berbeda dengan hasil Uji COD di reaktor drum, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5 dari waktu kontak 0 jam sampai dengan waktu kontak 1 jam terjadi penurunan konsentrasi COD dari 3978,39 mg/l menjadi 3130,30 mg/l. Efisiensi yang dihasilkan sebesar 21,33%. Pada waktu kontak 2 jam terjadi penurunan konsentrasi COD reaktor drum kembali menjadi 3009,09 mg/l, efisiensi yang dihasilkan pun meningkat menjadi 24,37%. Terakhir pada waktu kontak 3 jam terjadi penurunan konsentrasi COD menjadi 2342,42 mg/l dan efisiensi meningkat menjadi 41,13%. Hasil efisiensi terbesar pada uji COD di reaktor pada proses *running* terjadi pada waktu kontak 3 jam yaitu sebesar 41,13%.

Hasil dari proses *running* menunjukkan konsentrasi COD yang terus mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu kontak. Sama halnya dengan penurunan konsentrasi COD, hal ini menunjukkan bahwa bertambahnya efisiensi penyisihan COD disebabkan oleh senyawa COD yang terdapat dalam air limbah akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan media. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut dalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang

dihasilkan akan diubah menjadi biomassa (Said, 2005).

4. KESIMPULAN

1. Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan variasi waktu kontak terjadi proses penurunan konsentrasi BOD dan COD di kolam dan di reaktor drum. Dengan waktu kontak 1 jam, 2 jam, dan 3 jam konsentrasi BOD di kolam setelah pengolahan terjadi penurunan dengan efisiensi secara berturut-turut sebesar 9,35%, 10,68%, dan 12,02%. Pada COD di kolam dengan waktu kontak yang sama terjadi penurunan konsentrasi dengan efisiensi sebesar 11,89%, 18,30%, dan 31,11%. Sedangkan pada konsentrasi BOD di reaktor drum dengan waktu kontak 1 jam, 2 jam, dan 3 jam setelah pengolahan menggunakan media biofilter jaring ikan dan bioball terjadi penurunan konsentrasi dengan efisiensi secara berturut-turut sebesar 9,10%, 10,40%, dan 19,51%. Pada konsentrasi COD di reaktor drum dengan waktu kontak dan media biofilter yang sama terjadi penurunan konsentrasi dengan efisiensi sebesar 21,33%, 24,37%, dan 41,13%.
2. Hasil penelitian dengan waktu kontak 1 jam, 2 jam, dan 3 jam mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi BOD dan COD di kolam dan di reaktor drum, dimana semakin besar waktu kontak efisiensi pengolahan juga semakin besar. Efisiensi tertinggi berada pada waktu kontak 3 jam. Besarnya efisiensi pengolahan konsentrasi BOD dan COD di kolam pada waktu kontak

3 jam secara berturut-turut yaitu sebesar 12,2% dan 31,11%. Sedangkan pada konsentrasi BOD dan COD di reaktor drum pada waktu kontak 3 jam secara berturut-turut nilainya sebesar 19,51% dan 41,13%.

5. SARAN

1. Perlunya penelitian lanjutan pada teknologi kolam (*pond*) – biofilm dengan media biofilter yang berbeda dengan penambahan blower pada reaktor kolam, sehingga suplai oksigen terlarut dalam kolam dapat lebih optimal dibandingkan tanpa adanya aerasi menggunakan blower.
2. Perlunya penelitian lanjutan pada teknologi kolam (*pond*)- biofilm dengan media biofilter yang berbeda dan menggunakan variasi waktu kontak yang berbeda pula.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, J. 2003. *Immobilization of Activated Sludge in A Column Type Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor*. Majalah IPTEK. Vol.14 No.4 Hal 185-192.
- Alaerts, G dan Santika. 1987. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Andiese, V,W. 2011. *Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga dengan Metode Kolam Oksidasi*. Infrastruktur. Vol.1, No.2. Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako.
- Anggoro, M. Toha, dkk. 2007. *Metode Penelitian*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Ariani, W. 2013. *Studi Penurunan Kadar COD Dan TSS Pada Limbah Cair Rumah Makan Dengan Teknologi Biofilm Anaerob - Aerob Menggunakan Media Bioring Susunan Random*. Semarang: Program Studi Teknik Lingkungan Undip.
- Deano, R.B, Rodriguez, J.J.S. 2013. *Distribution and Spatial Variability of Sludges in a Wastewater Stabilization Pond System Without Desludging for a Long Period of Time*. Ecological Engineering.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Hans. 2010. Pengertian Aklimasi, Adaptasi, dan Aklimatisasi. <http://hansa07.student.ipb.ac.id/2010/06/20/pengertian-aklimasi-adaptasi-aklimatisasi/>. 23 Maret 2014 (20:00).
- Helard, D. 2007. *Pengaruh Variasi Rasio Waktu Reaksi terhadap Waktu Stabilisasi pada Penyisihan Senyawa Organik dari Air Buangan Pabrik Minyak Sawit dengan Sequencing Batch Reaktor Aerob*. Universitas Andalas. Sumatera Barat.
- Herlambang, A. 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Tahu Tempe*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan. BPPT.
- Herlambang, Arie.; Widayat, Wahyu.; Suprihatin. 2010 *Penyisihan Amoniak dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Air Baku PDAM-IPA Bojong Renged dengan Proses Biofiltrasi Menggunakan Media Plastik Tipe Sarang Tawon*. JAI VOL: 6 (2010). No : 1.
- Indriyati. 2005. *Pengolahan Limbah Cair Organik Secara Biologi menggunakan Reaktor Anaerobik Lekat Diam*. JAI: BPPT.
- Karina, M.E. 2009. *Analisa Kadar Total Suspended Solid (TSS)*,

- Amoniak (NH_3), Sianida (CN^-), dan Sulfida (S^{2-}) Pada Limbah Cair Bapedaldas. Medan: Departemen Kimia.
- Kaswinarni, F. 2007. *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali*. Tesis. Program Pasca Sarjana Undip. Semarang.
- Maric, S and Vranes, J. 2007. *Characteristics and significance of microbial biofilm formation*. Department of Biology: Croatia.
- Metcalf dan Eddy. 2003. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse, 4th*. McGraw Hill Book Co. New York.
- Myrasandri dan Syafila, 2009. *Degradasi Senyawa Organik Limbah Cair Tahu Dalam Anaerobic Baffled Reactor*. Program Studi Teknik Lingkungan, ITB.
- Nusye, B. 2012. *Studi Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Penyisihan parameter BOD₅, COD, dan TSS Lindi Menggunakan Biofilter Secara Anaerob-Aerob (Studi Kasus: TPA Ngronggo, Kota Salatiga, Jawa Tengah)*. Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro: Semarang.
- Peraturan Daerah Propinsi Jateng No. 5 Tahun 2012 *Tentang Baku Mutu Air Limbah*
- Pohan, N. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Aerobik*. Tesis. Program Studi Teknik Kimia USU. Medan.
- Qureshi, N, Annous, B.A, Ezeji, T.C, Karcher, P, Maddox, I.S. 2005. *Biofilm Reactors For Industrial Bioconversion Processes: Employing Potential Of Enhanced Reaction Rates*. Microbial Cell Factories: Biomed Central.
- Rao, A.G., Prasad, K.K., Naidu, G.V., Rao, N.C., Sharma, P.N. 2003. *Removal Of Sulfida in Integrated Anaerobic-Aerobic Wastewater Treatment System*. Clean Techn Environ Policy 6: 66–71.
- Ridhwanah dan Iqbal, R. 2013. *Perbandingan Efektivitas Penggunaan Cocopeat Terhadap Bioball Sebagai Media Pada Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Rittman, B, E dan McCarty. 2001. *Environmental Biotechnology : Principle and Applications*. McGraw Hill International Ed. New York.
- Rifki, M. *Penurunan BOD dan COD Limbah Tahu dengan Proses Anaerob Menggunakan Biostarter dari Fermentasi Limbah Buah Mangga*. Semarang: Program Studi Teknik Lingkungan Undip.
- Riva, A, F. 2013. *Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Industri Tempe dengan Teknologi Biofilm Menggunakan Media Biofilter Kombinasi Bioball dan Limbah Kulit Kerang*. Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan Undip. Semarang.
- Said, N, I. 2005. *Aplikasi Bio-ball untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean*. Jurnal Air Indonesia. Vol.1, No.1. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan. BPPT.
- Said, N, I. dan Ruliasih. 2005. *Tinjauan Aspek Teknis Pemilihan Media Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah*. Jurnal Air Indonesia. Vol.1, No.3. Pusat Pengkajian dan

- Penerapan Teknologi Lingkungan. BPPT.*
- Said, N, I. dan Heru Dwi Wahjono. 1999. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu – Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan. BPPT.*
- Sani, E, Y. 2006. *Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Reaktor Anaerob Bersekat dan Aerob. Tesis. Semarang: Program Magister Ilmu Lingkungan Undip.*
- Salmin. 2005. *Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi.*
- Shammas. N. K, Wang. L. K, Wu. Z. 2009. *Handbook of Environmental Engineering, Volume. : Biological Treatment Processes. Humana Press. New York.*
- Stoodley, P., Saure, K., Davies, D.G., Costerton, J.W. 2002. *Biofilms as complex differentiated communities. Annu. Rev. Microbiol. 56, 187–209.*
- Suriawiria, U. 1996. *Mikrobiologi Air dan Dasar – dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis. Penerbit Alumni. Bandung.*
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Alfabeta. Bandung.*
- Takriff, M.S., Jaafar, N.L., Abdullah, S.R.S. 2014. *A Review of Biofilm Treatment Systems in Treating Downstream Palm Oil Mill Effluent (POME). Universiti Kebangsaan Malaysia*
- Tchobanoglous, George and Franklin L. Burton. 2003. *Wastewater Engineering Treatment, disposal and Reuse fourth edition, Mc. Graw Hill Inc, Singapore.*
- Wagiman, Atris, S dan Jumeri. 2001. *Optimasi Kebutuhan Lumpur Aktif untuk Proses Pengolahan Limbah Cair pada Sentra Industri Tahu “Ngudi Lestari”. Lembaga Penelitian UGM. Jogjakarta.*
- Wagiman, Jumeri, Hasan, M. 2003. *Pengukuran Laju Produksi Biogas Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Menggunakan Reaktor UASB. UGM: Jogjakarta.*
- Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan. Penerbit Andi. Yogyakarta.*